

Symposium Haftung von Verbundwerkstoffen und Werkstoffverbunden

Am 12. und 13. Juni 1986 fand in Konstanz das Symposium Haftung von Verbundwerkstoffen und Werkstoffverbunden statt. Die Veranstaltung wird in vierjährigem Turnus von der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde (DGM) in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für angewandte Materialforschung (IFAM) in Bremen ausgerichtet. Als interdisziplinäres Thema stand die Haftung zwischen unterschiedlichen Stoffen auf dem Programm. In 18 Referaten sind Erkenntnisse und Probleme aus unterschiedlichen Arbeitsbereichen vorgetragen worden. Insgesamt nahmen etwa 100 Fachleute aus dem In- und Ausland teil.

W. Brockmann, IFAM Bremen, eröffnete das Symposium. Er wies darauf hin, daß zur Zeit im Bereich der Natur- und Ingenieurwissenschaften die Elektronik, die Automatisierung und die Innovation neuer Produkte hohe Priorität haben. Den klassischen Disziplinen wie etwa der Werkstofftechnik, der Fertigungstechnik und hier speziell der Verbindungstechnik kommt bei der wirtschaftlichen Realisierung von Produkten jedoch auch heute noch eine oftmals dominierende Rolle zu. Diesen Schluß zog er aus der Betrachtung der weltweit auftretenden Versagens- und Schadensfälle in den verschiedensten Bereichen der Technik. Da also Werkstoff- und Verbindungstechnik weiterhin gefordert sind, soll mit dieser Veranstaltung ein Beitrag zur Diskussion dieser wichtigen Themen geleistet werden.

Erfahrungen mit Langzeitimplantaten

G. Heimke, Mannheim, berichtete im ersten Übersichtsreferat „Verbund zwischen Implantatwerkstoffen und Hartgewebe“ über die Probleme, die bei der Haftung von Implantaten im menschlichen Körper entstehen und über Beiträge zu ihrer Lösung. Der Erfolg von Langzeitimplantaten des Bewegungsapparates wird entscheidend vom Ergebnis des Umstrukturierungsprozesses des betroffenen Knochengewebes bestimmt. Diese Grenzflächenreaktionen werden vom Implantatwerkstoff chemisch und über die Implantatform auch mechanisch beeinflußt beziehungsweise gesteuert. Sie können durch Bildung eines Interponates zur Abgrenzung, aber auch zu direktem Kontakt und sogar zu einem mechanisch festen Verbund führen. Dementsprechend muß bei den Werkstoffen für Implantate zwischen biotoleranten, bioinerten und bioaktiven Stoffen unterschieden werden.

Nomenklatur der Haftung ist unzureichend

Im zweiten Übersichtsvortrag „Reicht die heutige Nomenklatur zum Verständnis von Haftmechanismen“ sprach W. Brockmann über die Zusammenhänge zwischen der Nomenklatur der Haftung und den sich hieraus ergebenden Vorstellungen bei Haftungsvorgängen. Die heute gebräuchliche Nomenklatur zur Beschreibung von Haftmechanismen basiert mit wenigen Ausnahmen auf der vereinfachten Vorstellung, daß die Haftung ein nahezu zweidimensionales Zweikörpersystem ist, in dem die Haftungspartner als gegenseitig unbeeinflußt betrachtet werden dürfen. Dies ist jedoch nicht der Fall. Untersucht man Haftmechanismen in atomaren und molekularen Dimensionen, erweisen sie sich als dreidimensionale Vielkörperprobleme, bei denen die Haftungspartner sich gegenseitig beeinflussen. So werden Klebstoffe in ihrer Struktur von der Oberfläche beeinflußt, auf der sie aushärten. Bei Aluminiumklebverbindungen diffundiert Aluminiumoxid in den Klebstoff. Die Grenzfläche weist somit keinen statischen Zustand auf, was Alterungsvorgänge besser erklärt. Insbesondere wandte sich W. Brockmann gegen den Ausdruck Adhäsionsbruch und die damit verbundenen Vorstellungen, da diese der Wirklichkeit nicht entsprechen.

Verklebung von Kunststoffen

Im dritten Übersichtsvortrag berichtete M. Michel, Pirmasens, über die „Theorie der Haftung am Beispiel Kunststoff“. Dabei wurde die Adsorptions- und die Grenzflächenthermodynamik von Kunststoffen und ihre Abhängigkeit von den chemischen Strukturen der Kunststoffe dargestellt. Aufbauend auf diese Erkenntnisse sind

Möglichkeiten von praktischen Konsequenzen für Haft- und Verbundsysteme diskutiert worden. Es folgte ein Vergleich mit anderen Werkstoffen. Dabei ergab sich, daß die Werkstoffe in drei Gruppen eingeteilt werden können je nachdem, ob sie eine niedrige, mittlere oder hohe Oberflächenenergie aufweisen. Diesen Gruppen läßt sich ein bestimmtes klebtechnisches Verhalten zuordnen.

In einem Gemeinschaftsvortrag von A. Neu und E. Hornbogen, Bochum, berichtete A. Neu zum Thema „Bruchmechanische Kennzeichnung von Grenzflächen“. Es wurden bruchmechanische Charakterisierungen von Grenzflächen vorgestellt. Bruchflächen sind mit dem 4-Punkt-Biegeversuch an speziellen bruchmechanischen Proben aus kohlefaserverstärktem Epoxidharz hergestellt worden.

C. Bischof referierte in einem Übersichtsvortrag die Gemeinschaftsarbeit von C. Bischof, A. Bauer, R. Kapelle, und R.-D. Schulze, Teltow/DDR, über „Die chemischen und physikalischen Einflußfaktoren auf die Haftung bei Metall-Polymer-Verbunden“. Neben allgemeinen Ausführungen ist speziell auf das Verbundsystem Stahl-PVC eingegangen worden. Dargestellt wurde die Ausbildung der Grenzflächenschicht, in der es unter anderem zur Bildung einer elektrischen Doppelschicht kommt. Weiterhin ist auf die Oberflächenstruktur und -morphologie und oberflächenenergetische Zustände eingegangen worden. Zwischen den theoretisch berechneten Haftkräften und den tatsächlich erzielten Haftfestigkeiten in Verbunden gibt es beträchtliche Unterschiede, die derzeit noch nicht vollständig erklärt werden können.

Im letzten Übersichtsvortrag am 12. Juni von G. Bauer und H. Roscher-Schramm, Erlangen, berichtete G. Bauer über die „Haftung zwischen Email und Edelstahl“. Dabei wurde die Vorbereitung der Metalloberfläche zum Emaillieren und die Wechselwirkung zwischen dem Edelstahl und dem Haftoxid aufgezeigt. Weiterhin sind die Einflüsse von Zeit und Temperatur auf den Emailiervorgang dargestellt worden. K. Bettenhausen, Hannover, trug zum Thema „Ermittlung der Adhäsionseigenschaften von Kunststoff-Beschichtungen“ vor. Dabei ging es speziell um die Haftfestigkeit als Qualitätskriterium bei Beschichtungen mit Duromer-Pulvern. Vorgestellt wurde ein Adhäsionsprüfkonzept, welches mit Hilfe der Schallemission Risse und Enthaltungen ermittelt.

R. Leucht berichtete über eine Gemeinschaftsarbeit von R. Leucht, H.J. Dudek und G. Ziegler, Köln, „Einfluß von Zwischenschichten auf die Ausbildung der Reaktionszone in SiC-faserverstärktem Ti6Al4V“. Es wurde die Wechselwirkung zwischen Faser und Matrix sowie die Wirkung einer Diffusionsbarriere mit Hilfe spezieller Untersuchungsmethoden gezeigt. Gleichzeitig sind die Auswirkungen auf die mechanischen Eigenschaften dargestellt worden.

J. Nixdorf, Frankfurt/Main trug über „Schalldämpfung in Verbundmaterialien“ vor. Neben konstruktiven Möglichkeiten zur Schalldämpfung sind auch materialbedingte Lösungen durch selbstdämpfende Legierungen und Verbundmaterialien möglich.

In einem Gemeinschaftsreferat von E. Fitzer und H. Jäger, Karlsruhe, vorgetragen von H. Jäger, wurde über „Die Natur der Haftung von Carbonfasern in Polymeren“ berichtet. Der Vortrag befaßte sich mit der Erklärung der Haftungsverbesserung durch oxidative Behandlung von HM- und HF-Fasertypen.

Den ersten Tag beschloß ein gemeinsamer Besuch der Insel Mainau mit anschließendem Abendessen. In gemütlicher Runde wurden fachliche und persönliche Kontakte geknüpft oder vertieft.

Meß- und Prüftechnik

Im Übersichtsvortrag des zweiten Tages sprach H.E. Hintermann aus Neuchatel/Schweiz über „Meß- und Prüftechnik an dünnen, harten Schichten“. Es wurden Untersuchungen an dünnen, harten Schichten, die physikalisch oder chemisch auf metallischen Körpern abgeschieden waren, vorgestellt. Untersucht worden ist besonders das Reib-/Verschleißverhalten von Bauteilen, sowie die Haftfestigkeit der Schicht und die Detektion von Poren und Mikrorissen in der Schicht.

G. Fischer, Berlin, berichtete über die „Beurteilung der Haftung zwischen Füllstoff und Matrix mit Hilfe des REM am Beispiel von Isolator-Werkstoffen für Hochspannung-Leistungsanlagen“. Die Bruchbilder der verwendeten gefüllten Epoxidharze ließen anhand des Bruchverlaufs – am Füllstoffpartikel entlang oder durch den Füllstoff hindurch – erkennen, ob zwischen dem Füllstoff und der Matrix eine gute Haftung vorhanden ist oder nicht.

L. Dorn und R. Bischoff, Berlin, zeigten im Referat, vorgetragen von R. Bischoff, über „Prüfverfahren zur Haftfestigkeitsbewertung von Kunststoff-Metall-Klebverbindungen“, daß der Keiltest und vor allem der Biegeschälversuch, bei Klebverbindungen mit dickeren Kunststoffteilen, die Haftfestigkeit von Kunststoff-Metall-Klebverbindungen besser wiedergibt als der Zugscherversuch.

Der Autor dieses Berichts sprach über die „Problematik der Prüfung von Polymer-Metall-Klebverbindungen im Zugscherversuch“. Die Verformungsbehinderung des Polymerteiles durch das aufgeklebte Metallteil führt im Zugscherversuch zu einem prüfungsbedingten erhöhten Spannungszustand im Polymerteil, der zum Versagen im Polymer führt. Aufgrund dieses Bruchverhaltens ist der Zugscherversuch zur Beurteilung von Adhäsionsphänomenen bei dieser Werkstoffpaarung nur bedingt geeignet.

B. Wielage berichtete über die gemeinsam mit N. Peukes, Dortmund, durchgeführten Arbeiten zum „Haftungsmechanismus bei Metall-Keramik-Verbindungen“. Es wurden im 4-Punkt-Biegeversuch ermittelte Haftfestigkeiten für Lötverbindungen mit Oxid- und Nitridkeramik in Abhängigkeit von den Lötparametern vorgestellt. Weiterhin wurde über Ausdehnungsverhalten, Benetzung und Phasenanalysen berichtet.

M. Haubner und D. Röder, Ulm, vorgetragen von D. Röder, stellten Ergebnisse der „Prüfung des Metall-Keramik-Verbundes an Vakuumschaltkammern“ vor. Es wurde das Anforderungsprofil an die Schaltkammern und an den Metall-Keramik-Verbund, sowie die Prüfmethode und die Ergebnisse präsentiert und diskutiert.

Im Vortrag von E. Fitzer und H. Jäger, Karlsruhe, gesprochen von H. Jäger „Der Einfluß einer Oberflächenbehandlung von SiC-Fasern auf deren Haftung von Polymeren“ ging es um die gezielte Oberflächenaktivierung von SiC-Fasern mittels thermischer Oxidation und durch eine Beschichtung im PVD-Verfahren. Beides führt zu einem Anstieg der mechanischen Eigenschaften des Verbundes. Mit der Haftung kann auch das Schlagzähigkeitsverhalten verbessert werden.

H. Paulus, Pforzheim, sprach über „Metallische Schichtverbunde – ein Standortüberblick“. Es wurden die Plattierverfahren zur Herstellung metallischer Schichtverbunde sowie die physikalischen Grenzen der Verfahren vorgestellt und ein Überblick über die Anwendung der Schichtverbunde gegeben.

In einem kurzen Schlußwort erklärte W. Brockmann, daß zur Lösung der Haftungsprobleme die einzelnen Arbeitsbereiche voneinander lernen sollten. Weiterhin regte er an, die Haftung im Mikro- und im Makrobereich zu betrachten und diese Betrachtungsweise bei der Interpretation von Ergebnissen heranzuziehen. Abschließend dankte er dem DGM und seinen Mitarbeitern für die Ausrichtung des Symposiums, sowie den Vorsitzenden, den Vortragenden und allen Diskussionsrednern, die zum Gelingen der Tagung beigetragen haben. □

Die Vorträge des Symposiums sind in einem Tagungsband enthalten, der ab Oktober 1986 bei der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde e.V., Adenauerallee 21, 6370 Oberursel, bezogen werden kann.